

名古屋工業大学 学生員○村井 康介

名古屋工業大学 正会員 山本 幸司

1、はじめに

限りある資源を有効利用し廃棄物を減少することは、今日の環境問題の中で非常に重要な課題である。なかでも建設副産物に関しては、廃棄物全体に占める最終処分量の割合の多さや不法投棄という社会問題からも再利用の促進が急がれる。「建設副産物実態調査(センサス)」¹⁾によれば、建設工事に伴う建設発生土の総量は減少する傾向にあるが、リサイクル率は未だ低いレベルにとどまっている(図1)²⁾。

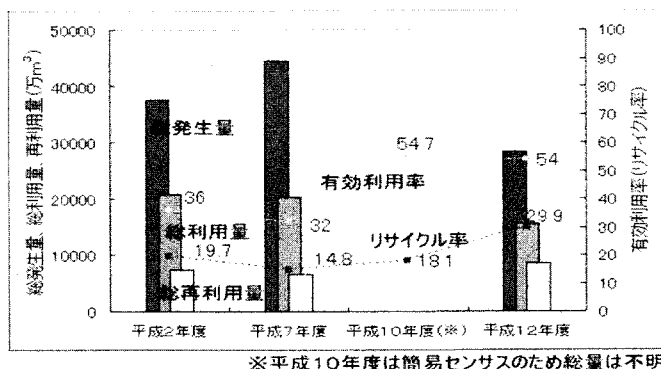


図1 建設発生土の近年の動向

本問題に対し、(株)建設資源広域利用センター(以下、UCR)は有効な手段で対応している。その手段とは、土の搬出側が搬入側までの輸送費とUCR手数料を支払うのみで、UCRが再利用を受け持つというものである。また、搬出側に発生土の土質保証を義務づけている。これにより、再利用の阻害要因であった搬出側と搬入側のマッチング調整、搬入側で汚染土砂を使用してしまう危険性、両者の事務作業などが取り払われ、計画的な土の搬出・搬入が可能となっている。また、UCRは海上輸送による発生土再利用も主要な業務としている。現在、発生土の収集・発送拠点は関東のみであるが、これを日本各地に設置することによって再利用の幅が広がると考えられる。

本研究では、愛知県において再利用土を頻繁に利用する工事現場とはどのような環境・状況なのかを分析し、海上輸送による再利用土を計画的かつ有効的に再利用することを目的とする。また、海上輸送対象拠点を関東のみならず日本各地に広げるため、U

CR手数料や海上輸送費用の面から海上輸送対象拠点を絞り込む。

2、建設発生土輸送モデル

建設発生土の再利用プロセスは基本的に図2のように、輸送費、保管費を含む総費用を最小化する配分計画として捉えられる。建設発生土の土質区分第4種や建設汚泥を再利用する場合には、土質改良プラントにおいて所定の処理を行う必要がある。また、発生した時期と再利用される時期とがうまく一致しない場合はストックヤード(仮置場)に保管するが、ここでは保管費が課せられる。いずれの需要地側工事現場にも受け入れられない土は最終処分場に運ばれる。一方、建設発生土だけで需要を満たすことができない場合はバージン材により補われるが、この場合バージン材購入費を必要とする。

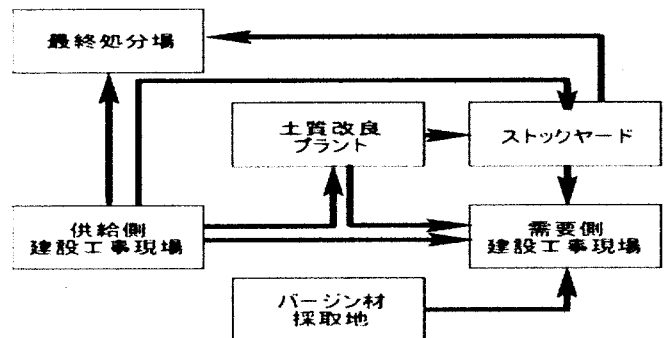


図2 再利用プロセス

上述のプロセスを踏まえ、各時点における地点間の土輸送量の配分を輸送計画問題として定式化する。

$$\sum_{i=1}^{I+S} \sum_{j=1}^{J+1} (m_{kij} + c_s) x_{kij} + \sum_{y=1}^Y \sum_{j=1}^J (m_{kyj} + c_{ky}) x_{kyj} + \sum_{i=1}^I \sum_{z=1}^Z (m_{kiz} + c_{kz}) x_{kiz} \quad \text{to minimize} \quad (1)$$

$$\text{s. t.} \quad \sum_{j=1}^{J+S} x_{kij} + \sum_{z=1}^Z x_{kiz} = a_{ki} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{I+S} x_{kij} + \sum_{y=1}^Y x_{kyj} = b_{kj} \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^J x_{ksj} + \sum_{z=1}^Z x_{ksz} + \sum_{s=1}^S x_{kss} = x_{kas} \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^I x_{kis} + \sum_{s=1}^S x_{kss} = x_{kbs} \quad (5)$$

ただし添字の*i*は供給地、*j*は需要地を表す。(i, jそ

れぞれにストックヤード s を含む。 y はバージン材供給地、 z は処分場、 k は土の種類。 m_{ij} , m_{yj} , m_{iz} は地点間の単位量あたり輸送費、 c_s は単位量あたりストックヤード保管費、 c_y は単位量あたりバージン材購入費、 c_z は単位量あたり処分費、 x_{ij} , x_{yj} , x_{iz} は輸送土量、 a_i は供給地 i の総供給量、 b_j は需要地 j の総需要量。 x_{kas} , x_{kbs} はそれぞれストックヤードからの輸送土量、ストックヤードへの輸送土量であるが、それぞれ上限を考える ($x_{kas} \leq a_{ks}$, $x_{kbs} \leq b_{ks}$)。変数 x は全て非負で、パラメーターは全て正值である。

3、事例分析

(1) 再利用土搬入地の特性

前述したように、本研究では海上輸送により搬入される土砂を全て再利用土としている。従って、土砂を外部から搬入する工事現場のうち、バージン材ではなく再利用土を利用する現場の特性を知ることにより、搬出計画の初期段階において搬入候補地の絞り込みが可能となるため、計画的に土砂の搬出が行われると考えられる。本章では、愛知県のデータを用いて再利用土搬入地の特性を分析する。各現場を地図上にプロットした結果を図3に示す。

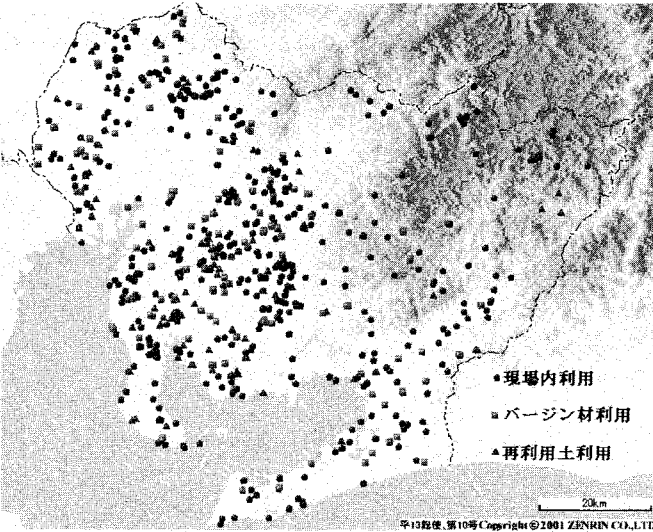


図3 現場分布図

搬入地特性の分析には、質的データを処理できる数量化理論Ⅱ類を適用する。外的基準、アイテム、カテゴリを表1に示す。この分析結果をもとに、再利用土を利用すると思われる現場、言い換えれば海上輸送土砂を利用する可能性がある現場は、どのような環境または工事事情なのか、そして海上輸送は効果的なのかを検討する。

(2) 対象圏域

表1 アイテムとカテゴリ

外的基準			
再利用土利用		バージン材利用	
アイテム1	土砂搬入現場の地理	カテゴリ1	山間部
		カテゴリ2	平野部
		カテゴリ3	沿岸部
アイテム2	土砂搬出現場までの距離	カテゴリ1	0～10km
		カテゴリ2	11～20km
		カテゴリ3	21～km
アイテム3	搬入地周辺の土砂搬出地	カテゴリ1	平均以上
		カテゴリ2	平均未満
アイテム4	搬入土量	カテゴリ1	0～999m ³
		カテゴリ2	1000～4999m ³
		カテゴリ3	5000～9999m ³
		カテゴリ4	10000～m ³
アイテム5	工期	カテゴリ1	0～半年
		カテゴリ2	半年～1年
		カテゴリ3	1年～2年
アイテム6	工事内容	カテゴリ1	道路整備関連事業
		カテゴリ2	整地関連事業
		カテゴリ3	河川海岸整備事業
		カテゴリ4	上下水道整備事業

海上輸送による再利用を進めるには搬入側に加え、搬出側についても考慮する必要がある。そこで、2章で述べた総費用を最小化する輸送配分を北海道・札幌近郊において適用し、やむを得ず最終処分される土砂が海上輸送可能であるか否かを検証した。

海上輸送におけるUCRの役割は、港間の輸送及び港での土砂の積込・積出である。搬出側は港までの輸送費とUCR手数料を負担し、UCRはこの手数料で海上輸送を行うことになる。従って、海上輸送距離が長くなるとそれに合わせて手数料も高くなるため、搬出側にとっては処分した方が安いということで、再利用が行われにくい状況になる。北海道の場合、UCRが関東から海上輸送を行う際の手数料で考慮すると、若狭湾付近（日本海）や関東（太平洋）までに輸送範囲が限られてしまう。また、北海道は大部分が港から離れた内陸部であることや、処分場の数・容量に余裕があることなどが考えられ、海上輸送が効率的である現場は極少数に止まった。

4、おわりに

再利用土搬入地の特性は愛知県のみならず、全国に適用可能であると考えられ、今後そのような地域を選定することも効果的であると言える。また、対象圏域の設定に関しては、日本の中心である愛知県を海上輸送の搬出地とした場合の可能性も検討する。

【参考文献】

1)国交省:平成12年度建設副産物実態調査, 2)林口,秀島, 山本:建設発生土再利用のための主体間マッチングに関する基礎的考察,土木計画学研究講演集 Vol.26.2002, 3) (財)経済調査会:土木施工単価 03-1